

Martina JANULÍKOVÁ¹, Radim ČAJKA², Pavlína MATEČKOVÁ³, Vojtěch BUCHTA⁴

**LABORATORNÍ MĚŘENÍ REOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ ASFALTOVÝCH PÁSŮ
PŘI SMYKOVÉM ZATÍŽENÍ**

**LABORATORY TESTING OF ASPHALT BELTS RHEOLOGICAL PROPERTIES
EXPOSED TO SHEAR LOADS**

Abstrakt

Na stavební fakultě již několik let probíhá výzkum, který se zabývá aplikací kluzných spár do základových konstrukcí. Tyto kluzné spáry se do základové spáry aplikují z důvodu snížení tření od deformačních horizontálních účinků zatížení (účinky poddolování, účinky smršťování a dotvarování betonu a také u předpjatých základových konstrukcí z důvodu umožnění vnesení předpětí) a jsou obvykle tvořeny asfaltovými pásy. Abychom mohli lépe popsat chování asfaltových pásů v takto vytvořené kluzné spáře, je třeba znát jejich chování za působení smykového zatížení v průběhu času. K tomuto účelu je dlouhodobě prováděna řada laboratorních zkoušek jak pro různé zatěžovací podmínky (velikost horizontálního a vertikálního zatížení, vliv teploty prostředí) tak pro různé druhy materiálů. V tomto příspěvku jsou prezentovány aktuální poznatky na základě doposud provedených měření.

Klíčová slova

Kluzné spáry, asfaltový pás, horizontální zatížení základu, laboratorní zkoušky.

Abstract

At faculty of civil engineering research is underway which appears with application sliding joints into foundation structures for several years. These sliding joints are applied in order reduce friction from deformation horizontal load effect (effect of undermining or shrinkage and concrete creep and also in prestressed foundation structures in order to allow introduction of prestressing) and they are usually formed from asphalt belts. To better describe the behavior of asphalt belts in sliding joint, it is necessary to know their behavior under the action shear loads over time. For this purpose many laboratory tests are long conducted both for different load conditions (size of the horizontal and vertical loads, the influence of environmental temperature) and different kinds of materials. This paper presents the current knowledge on the basis of measurements carried out so far.

Keywords

Sliding joint, asphalt belt, horizontal load of foundation, laboratory testing.

¹ Ing. Martina Janulíková, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420)597 321 925, e-mail: martina.janulikova@vsb.cz.

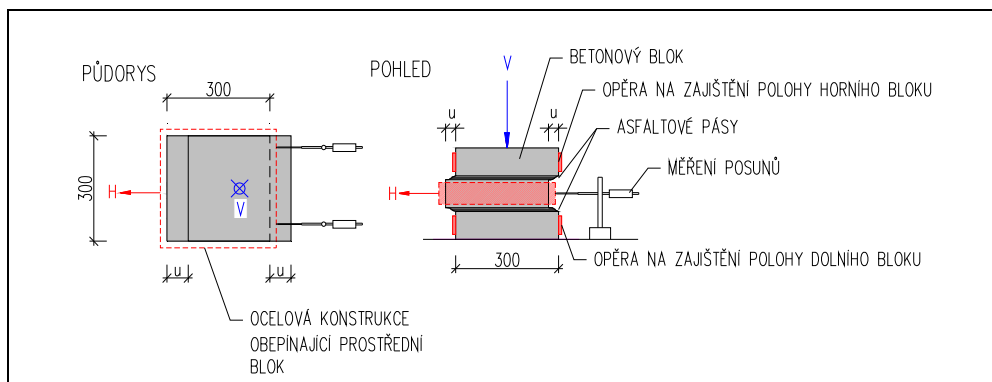
² Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

³ Ing. Pavlína Matečková, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 394, e-mail: pavlina.mateckova@vsb.cz.

⁴ Ing. Vojtěch Buchta, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: vojtech.buchta@vsb.cz.

1 ÚVOD

Tento příspěvek se zabývá laboratorním testováním různých druhů asfaltových pásů s vlivem teploty prostředí. Cílem těchto zkoušek je simulovat chování asfaltových pásů, které tvoří klznou spáru v základové konstrukci. V první fázi zkoušky je do zkušební vzorku vneseno svislé napětí představující přitížení základu horní stavbou a po 24 hodinách je prostřední blok zkušební vzorku zatížen horizontální silou, jež způsobuje jeho posun. Právě tento posun je při zkouškách sledován a automaticky zaznamenáván pomocí elektronických čidel. Zkouška je standardně ukončena po 6 dnech od okamžiku vnesení horizontálního zatížení, kdy je také zpravidla dosažena konstantní rychlost posuvu.



Obr. 1: Základní princip zkoušky asfaltových pásů

Zkušební vzorek se skládá ze tří betonových bloků 300x300x100mm a dvou klzných spár mezi nimi (Obrázek 1). Tyto klzné spáry jsou vyplněny zkoušeným materiálem (vždy jeden volně ložený asfaltový pás; do budoucna se ale předpokládá i měření, kde bude více pásů na sobě, popř. budou pásy k betonovým blokům natavené či nalepené). Pro vnášení svislých a vodorovných zatížení do zkušební vzorku byla použita ocelová konstrukce, která je zobrazena na Obrázku 2. Svislé zatížení je vyvozeno pomocí hydraulického lisu přes ocelovou roznášecí desku a vodorovné zatížení se vnáší pomocí koše se závažím, který je upevněn na prostřední betonový blok, přičemž dolní a horní betonový blok jsou pevně fixovány.



Obr. 2: Ocelové zkušební zařízení

Z důvodu zavedení vlivu teploty okolního prostředí byla sestrojena klimatizační komora pro nastavení teploty prostředí a měřicí zařízení bylo umístěno do této komory (Obrázek 3). Podrobnější informace k samotné zkoušce lze nalézt například v [1] a [2].



Obr. 3: Ocelové zkušební zařízení umístěné v klimatizační komoře

Konkrétní hodnoty vnášených zatížení jsou odvozeny ze skutečných napětí a rychlostí posuvů, které mohou v základové spáře vznikat. Svislá napětí, která obvykle mohou vzniknout v základové spáře, jsou uvažovány v intervalu 100 až 500 kPa, přičemž s ohledem na časovou náročnost měření (jedno měření trvá 7dní) jsou zkoušeny mezní hodnoty 100 a 500 kPa. Vodorovná zatížení jsou uvažována tak, aby rychlost deformace měřená na prostředním betonovém bloku řádově odpovídala rychlostem deformace na skutečné konstrukci, konkrétně byly zvoleny hodnoty horizontálních sil 0,95kN a 2kN, což na daném zkušebním vzorku vyvoluje konstantní smyková napětí asfaltového pásu 5,28 kPa a 11,1kPa. Jednotlivé kombinace zatížení jsou uvedeny v Tabulce 1, přičemž každá sada měření se provádí nejméně pro dvě teploty (zpravidla 10°C a 20°C), celkem tedy minimálně 8 měření pro každý druh asfaltového pásu.

Tab. 1: Základní kombinace zatížení

měřené kombinace	svislé zatížení [kPa]	vodorovné zatížení [kN]
1	500	0,95
2	500	2,00
3	100	0,95
4	100	2,00

Z výsledků zkoušek jsou dále odvozovány další veličiny a závislosti jako např. skutečná rychlost posuvu, smykový modul pružnosti aj. Výsledky zkoušek lze také použít pro numerické modelování pomocí MKP [3-12].

Jak bylo uvedeno v [1] a [2] teplota prostředí je pro výsledné deformace podstatným vstupním faktorem a je vhodné ji do měření zahrnout. V následujících odstavcích bude vliv teploty představen na konkrétních výstupech.

2 ZKOUŠENÉ MATERIÁLY

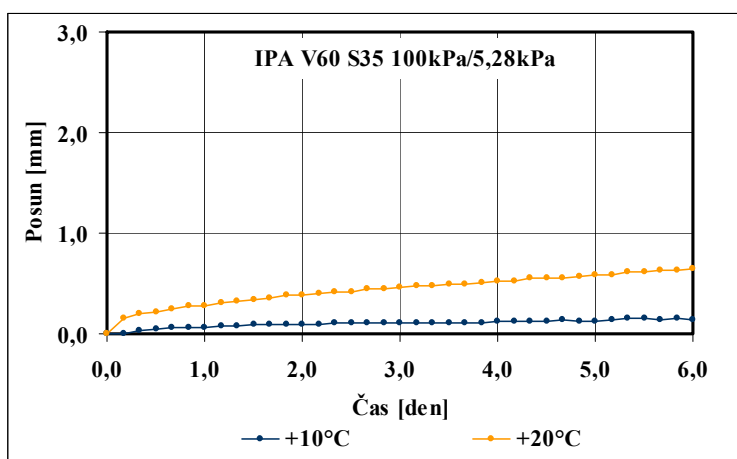
Typ asfaltu a jeho chování je ovlivněno způsobem jeho výroby. Výsledné produkty mohou být křehké, pružné jako guma nebo se jejich vlastnosti mohou pohybovat mezi těmito extrémy. Na našem trhu se objevují pásy oxidované a pásy modifikované jak APP polymery (plastický typ modifikace) tak pásy modifikované SBS kaučuky (elastický typ modifikace).

Druhy materiálů používaných pro laboratorní měření vychází z materiálové základny, která je na současném trhu dostupná. Zkouší se jak pásy oxidované, tak pásy modifikované, přičemž se předpokládá, že modifikované pásy jsou pro vytvoření kluzné spáry obecně vhodnější a to nejen s ohledem na měřené deformace, ale zejména s ohledem na trvanlivost a stálost vlastností modifikovaných pásů.

2.1 Oxidované asfaltové pásy

Obecným nedostatkem pásů z oxidovaných asfaltů je jejich malá tažnost za nižších teplot. Při rozvinování pásů za nízkých venkovních teplot dochází k praskání krycí asfaltové vrstvy, průniku vlhkosti k vložce a urychlení degradace pásu. Časem nebo vlivem nižších teplot pásy křehnou, stávají se neohebnými a lámou se.

Hlavním reprezentantem této skupiny zkoušeným v laboratoři je prozatím asfaltový oxidovaný pás tloušťky 3,5mm s plošnou hmotností 4,9kg/m² s jemnozrnným posypem, obchodní název IPA S35 V60. Na obrázku 4 jsou zobrazeny celkové deformace v závislosti na teplotě pro vybranou kombinaci zatížení.



Obr. 4: Horizontální deformace na zkušební vzorku v průběhu měření pro oxidovaný asfaltový pás (smykové napětí 5,28kPa, svislé napětí 100kPa)

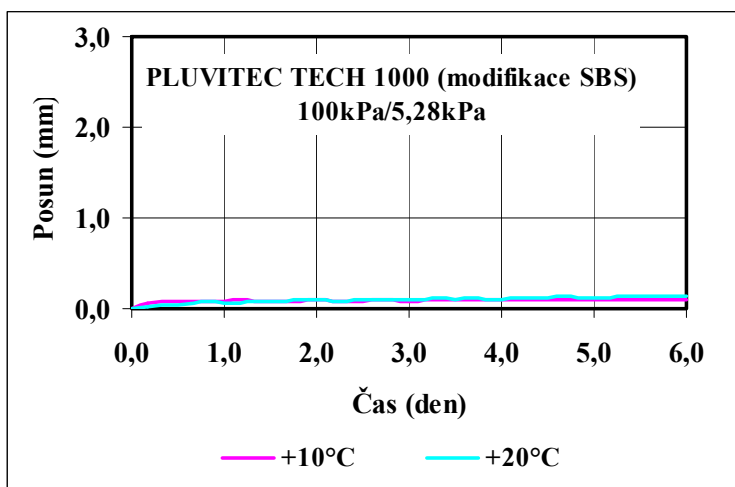
2.2 Modifikované asfaltové pásy

Asfalty modifikované přísadou polymeru patří k novým druhům kvalitních asfaltových výrobků. Surovinou k jejich výrobě je primární asfalt s přidáním vhodných eleastomerů (kaučuků) nebo plastomerů (termoplastů).

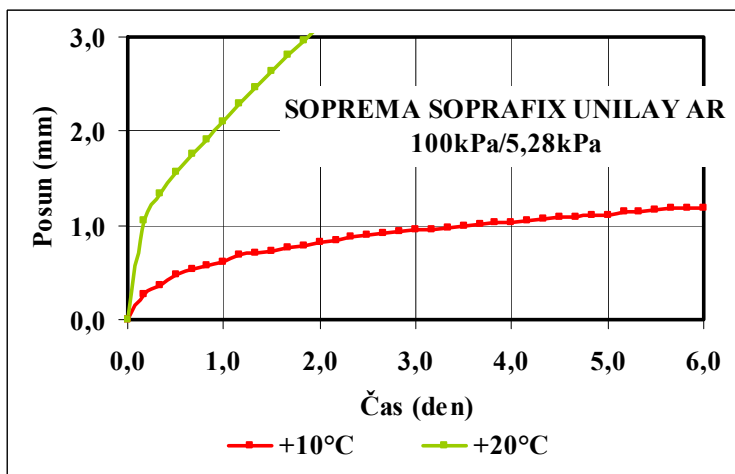
Z eleastomerů je dnes používán nejčastěji styren-butadien-styren (SBS), nazývaný též termoplastický kaučuk. Z plastomerů je téměř výhradně používán ataktický (amorfní) polypropylen (APP). Přidáním různého množství těchto látek se podstatně mění termoviskózní a elastoviskózní vlastnosti původního asfaltu a získávají se materiály s podstatně lepšími uživatelskými vlastnostmi.

Na rozdíl od oxidovaných asfaltů, které se vyznačují pouze plastickým chováním, asfaltů modifikované elastomery vykazují rovněž menší či větší pružné chování, působením namáhání se sice deformují, ale po odtížení se vrací zpět do své původní polohy či tvaru.

Škálu modifikovaných asfaltů je tedy nutné i pro účely laboratorních zkoušek rozdělit na dvě základní skupiny podle způsobu jejich modifikace. Za běžné laboratorní teploty byla již provedena řada měření, které byly prezentovány například v práci [2]. V současnosti jsou zkoušky nově prováděné v klimatizační komoře a s ohledem na časovou náročnost měření byly prozatím provedeny dvě sady měření na asfaltových pásích modifikovaných SBS, předpokládá se však provedení dalších souborů měření jak na pásích modifikovaných SBS tak APP.



Obr. 5: Horizontální deformace na zkušební vzorku v průběhu měření pro modifikovaný asfaltový pás (smykové napětí 5,28kPa, svislé napětí 100kPa)



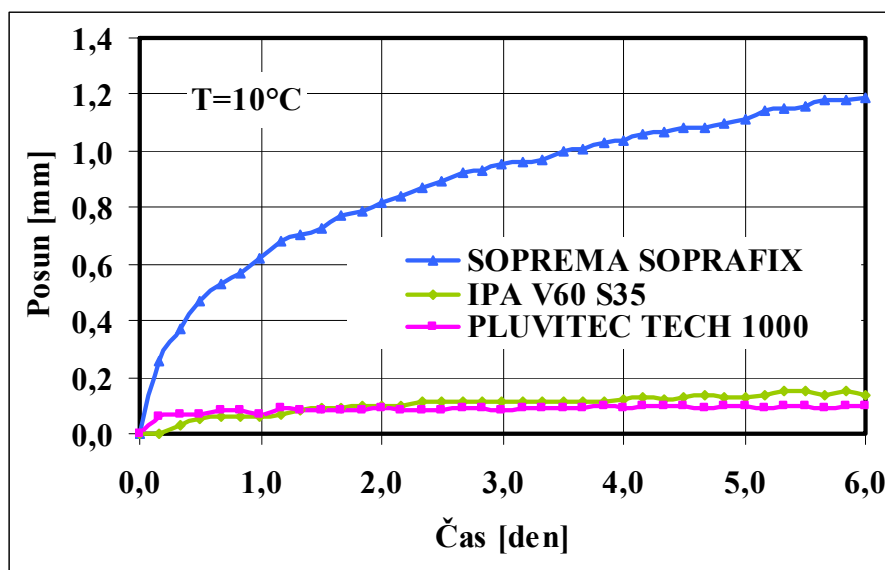
Obr. 6: Horizontální deformace na zkušební vzorku v průběhu měření pro modifikovaný asfaltový pás s břídlíčným posypem (smykové napětí 5,28kPa, svislé napětí 100kPa)

Na obrázcích 3 a 4 jsou zobrazeny celkové deformace v závislosti na teplotě pro SBS modifikované asfaltové pásy s obchodními názvy PLUVITEC TECH 1000 (tloušťka 3,4mm, plošná hmotnost 4,0kg/m²) a SOPREMA SOPRAPHIX UNILAY AR (tloušťka pásu 4,7mm, plošná hmotnost 5,7kg/m²).

3 DISKUZE VÝSLEDKŮ

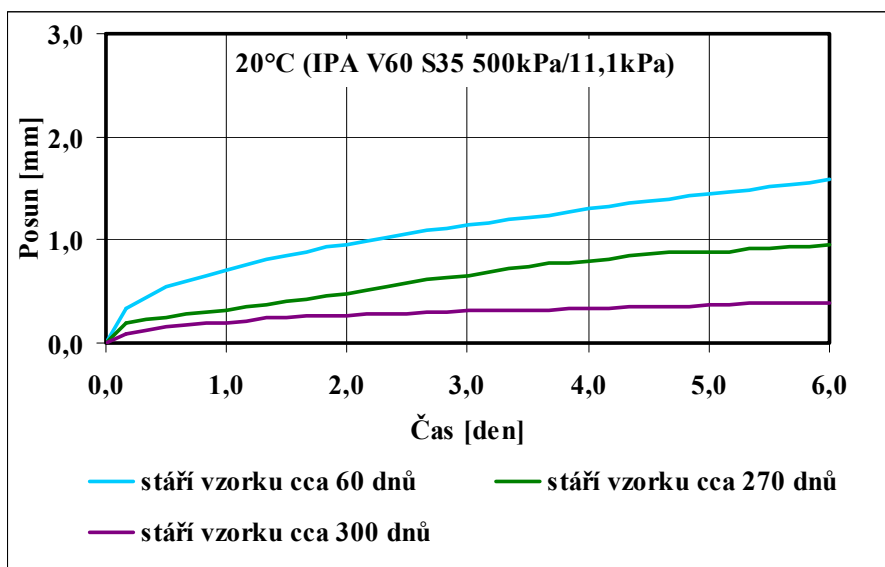
Z uvedených grafů (obrázky 4 až 6) je zřejmé, že změna teploty o 10°C vede u většiny zkoušek k dvojnásobnému nárůstu celkových horizontálních deformací, čímž se potvrzuje předpoklad, že teplota má na výsledné deformace podstatný vliv [1].

Na obrázku 7 je pro ukázkou uveden graf, který srovnává deformace asfaltových pásů dle druhu použitého asfaltu (modifikovaný/oxidovaný). Tento graf ukazuje, že rozdíl mezi celkovou deformací pro oxidovaný pás a pro modifikované pásy je variabilní. Modifikovaný asfaltový pás může při stejných zatěžovacích podmínkách dosáhnout deformace podstatně větší než pás oxidovaný (SOPREMA SOPRAFIX), ale také může nabývat velmi podobných hodnot (PLUVITEC TECH 1000). Svou roli v tom samozřejmě hraje také tloušťka asfaltového pásu a jejich případná povrchová úprava. Vzhledem k malému množství vzorků reprezentujících dané skupiny asfaltových pásů ale prozatím nelze s jistotou určit obecné rozdíly v reologických vlastnostech ve vztahu k aplikaci kluzné spáry do základové konstrukce.



Obr. 7: Srovnání horizontálních deformací vzorku v průběhu měření pro oxidovaný asfaltový pás a pro pásy modifikované SBS (pro 10°C)

Volba mezi oxidovaným a modifikovaným pásem však není jediným rozhodovacím faktorem při volbě druhu asfaltového pásu pro vytvoření kluzné spáry. Důležité při volbě druhu asfaltového pásu je jednak srovnání napěťo-deformačního stavu konkrétní konstrukce s vlastnostmi konkrétního asfaltového pásu a v neposlední řadě trvanlivost a časová stálost vlastností asfaltových pásů. Při měřeních v laboratoři došlo například ke zjištění, že stáří vzorku asfaltového pásu z oxidovaného asfaltu ovlivňuje výsledné deformace v nemalé míře. Pro názornost je na obrázku 8 uveden graf deformací v průběhu stáří vzorku pro oxidovaný asfaltový pás IPA. Toto srovnání však není konečné a závislost reologických vlastností na stáří vzorku bude nadále sledována. Na základě všeobecných znalostí chování asfaltů oxidovaných a modifikovaných se však předpokládá větší závislost výsledků na stáří vzorku pro pásy oxidované než pro pásy modifikované, což koresponduje s dosavadními výsledky měření.



Obr. 8: Srovnání horizontálních deformací vzorku z oxidovaného asfaltu s ohledem na stáří vzorku

4 ZÁVĚR

Bylo provedeno několik sad měření reologické odezvy asfaltových pásů a ověřen vliv rozdílných teplot prostředí na velikost deformací. Také byl sledován vliv modifikace asfaltu na chování asfaltového pásu. S ohledem na velké množství existujících materiálů nelze prozatím provést průkazné srovnání oxidovaných a modifikovaných pásů. Na základě původních zkoušek za běžné laboratorní teploty a na základě obecných znalostí o modifikaci asfaltů částečně popsanych v předchozích kapitolách lze předpokládat, že modifikované asfalty budou vykazovat lepší vlastnosti než pásy oxidované. Další otázkou zůstává také rozdíl mezi chováním asfaltů s ohledem na jednotlivé druhy modifikací. Pro ověření předpokladů vycházejících z obecných znalostí o asfaltech je třeba dále testovat oba druhy asfaltových pásů, zejména rozšířit škálu modifikovaných asfaltových pásů.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl realizován za finanční podpory SGS grantu, interní číslo SP2012/36.

LITERATURA

- [1] ČAJKA, R. & JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M.: Laboratorní testování asfaltových pásů s vlivem teploty. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 2, řada stavební, s. 15-21, ISSN 1213-1962
- [2] MAŇÁSEK, P.: *Základové konstrukce s kluznou spárou*. Disertační práce na Fakultě stavební VŠB-TU, Ostrava, 2008
- [3] ČAJKA, R. & JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M.: Modelování základových konstrukcí s kluznou spárou s využitím výsledků laboratorních zkoušek asfaltových pásů. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2012, ročník XII, číslo 1, řada stavební, s. 1-6, ISSN 1213-1962
- [4] ČAJKA, R. & MAŇÁSEK, P. Finite Element Analysis of a structure with a sliding joint affected by deformation loading. In *The eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*. 18-21.9. 2007, St. Julians, Malta, ISBN 978-1-905088-17-1

- [5] ČAJKA, R. Contact subsoil shear FEM element. In *SEMC 2007 The third International Conference on Structural Engineering, Mechanics and Computation*, 10.-12. September, Cape Town, South Africa, ISBN 9789059660540.
- [6] ČAJKA, R. & MYNARZOVÁ, L. Využití numerického modelování při analýze zděné konstrukce na poddolovaném území. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2009, ročník IX, č. 1, řada stavební, s. 1-6, ISSN 1213-1962
- [7] ČAJKA, R. Semispace FEM element and soil - structure interaction. In *The Third International fib Congress and Exhibition & PCI Annual Convention and Bridge Conference*, May 29 - June 2, Washington, D.C. 2010, USA
- [8] ČAJKA, R. & MAŇÁSEK, P. Numerical analysis of the foundation structures with sliding joint. In *Eleventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction - Building a Sustainable Environment*, Taipei, Taiwan, 19. - 21.11. 2008. S. 716-717. Sborník příspěvků X. konference a CD, ISBN 978-986-80222-4-9
- [9] JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M. Numerical modeling of foundation structures with sliding joints. In *The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering*. Karlsruhe, Germany: Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2012
- [10] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Vliv vybraných parametrů nelineární analýzy betonových konstrukcí. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2012, ročník XII, číslo 1, řada stavební, s. 151-158, ISSN 1213-1962
- [11] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Pružnoplastické modelování železobetonového nosníku: Implementace a srovnání s experimentem. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 1, řada stavební, s. 237-244, ISSN 1213-1962
- [12] SUCHARDA, O. & BROŽOVSKÝ, J. Modely betonářské výztuže pro konečněprvkovou analýzu konstrukcí. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 2, řada stavební, s. 249-258, ISSN 1213-1962

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Dr. Ing. Michal Varaus, Ústav pozemních komunikací, Fakulta stavební, VUT v Brně.

Doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D., Ústav betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební, VUT v Brně.